



DERS BİLGİ FORMU

FAKÜLTE / ENSTİTÜ ADI	Fen Edebiyat Fakültesi
BÖLÜM / PROGRAM / ANABİLİM DALI ADI	Fizik Bölümü
DERSİN ADI	Standart Model ve Ötesi Fizik
DERSİN KODU	FIZ1118
YEREL KREDİSİ	3
AKTS KREDİSİ	5
HAFTALIK DERS SAATİ	3
HAFTALIK UYGULAMA SAATİ	0
HAFTALIK LABORATUVAR SAATİ	0
ÖNKOŞULLAR	Yok
YARIYIL	Güz, Bahar
DERSİN DİLİ	İngilizce, Türkçe
DERSİN SEVİYESİ	Lisans
DERSİN TÜRÜ	Seçmeli @ Fizik Lisans Programı
DERSİN KATEGORİSİ	Uzmanlık Alan Dersleri
DERSİN VERİLİŞ ŞEKLİ	Yüz Yüze
DERSİ SUNAN AKADEMİK BİRİM	Fizik Bölümü
DERSİN KOORDİNATÖRÜ	Bora IŞILDAK
ASİSTAN(LAR)	
DERSİN AMACI	Bu dersin amacı, öğrencilere parçacık ve yüksek enerji fiziğinin temelini oluşturan kavramların ve notasyonların öğretilmesinin yanı sıra, Standart Model çerçevesinde maddenin yapıtaşlarının ve etkileşimlerinin anlaşılmasını sağlamaktır. Ayrıca Standart Model'in ötesine uzanan yaklaşımlar, güncel teorik gelişmeler ve yeni fizik arayışları da ele alınarak öğrencilere modern parçacık fiziğinin bütüncül bir perspektifini kazandırmaktır.
DERSİN İÇERİĞİ	Kuarklar ve leptonların ayrıntılı tanıtılması; kuark-lepton etkileşmelerinin incelenmesi; bu süreçlerin teorik çerçevesinin anlaşılması; kuantum Renk Dinamiği (QCD) kuramı çerçevesinde güçlü etkileşimlerin temel ilkelerinin tartışılması; kuramsal yapıların deneysel olarak test edilmesi; parçacık hızlandırıcılarındaki gözlemler; güncel deneysel bulgularla bağlantılar.
DERS KİTABI / MALZEMESİ / ÖNERİLEN KAYNAKLAR	Ders Kitapları: [1] Thomson, M. <i>Modern Particle Physics</i> . Cambridge University Press, 2013. https://doi.org/10.1017/CBO9781139525367 [2] Griffiths, D. J. <i>Introduction to Elementary Particles</i> . John Wiley & Sons, Inc., 1987. ISBN-10: 0-471-60386-4 [3] Halzen, F. & Martin, A.D. <i>Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics</i> . Wiley, 1984. [4] Peskin, M.E. & Schroeder, D.V. <i>An Introduction to Quantum Field Theory</i> . Addison-Wesley, 1995. Zorunlu Kaynaklar: [1] Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. <i>The Feynman Lectures on Physics</i> . Three



	volumes. Addison-Wesley, 1964–1966. Revised & extended edition (Definitive / New Millennium Edition) published in 2005. [2] Martin, B. R., & Shaw, G. <i>Particle Physics</i> (Manchester Physics Series). John Wiley & Sons, 1992. [3] Cottingham, W. N., & Greenwood, D. A. <i>An Introduction to the Standard Model of Particle Physics</i>, 2nd Edition. Cambridge University Press, 2007.	
Ders Öğrenim Çıktıları	Bu dersi başarıyla tamamlayan öğrenciler, 1. Parçacık fiziğinin temel teorilerinden biri olan Standart Model’i sınıflandırabileceklerdir. 2. Standart Model’deki evren modelini açıklayabileceklerdir. 3. Maddeyi oluşturan en küçük yapıtaşlarını ve bu parçacıkların birbirleriyle olan etkileşimlerini analiz edebileceklerdir. 4. Fermiyonların etkileşimlerini, temel kuvvetleri ve taşıyıcı bozonların özelliklerini açıklayabileceklerdir. 5. Temel parçacıkların deneysel olarak keşiflerini ve bu keşiflerin tarihsel gelişimini kronolojik olarak değerlendirebileceklerdir. 6. Antimadde ve nötrino fiziği ile ilgili güncel bulguları özetleyebileceklerdir. 7. Standart Model ötesi yaklaşımları (ör. karanlık madde, süpersimetri) karşılaştırabileceklerdir. 8. Uzun ömürlü parçacıklar ve yeni fizik arayışlarına dair deneysel stratejileri analiz edebileceklerdir. 9. Deneysel ve teorik parçacık fiziğindeki güncel gelişmeleri açıklayabileceklerdir.	
DEĞERLENDİRME SİSTEMİ		
Etkinlikler	Sayı	Katkı Payı
Devam/Katılım: • İçerik: Öğrencilerin derse devam etmeleri ve katılmaları • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: - Derse aktif katılım ve soru sorma - Sınıf-içi tartışmalara ve problem çözme süreçlerine katkı sağlayabilme	14	%5
Laboratuvar		
Uygulama (Sözlü Sınav)		
Arazi Çalışması		
Derse Özgü Staj		
Kısa Sınavlar/Stüdyo Kritiği: • İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan kapsamlı soruların sorulması • Format: Yazılı ya da sözlü sınav (5-10 dakika) • Detaylı Değerlendirme Kriterleri: -Derste işlenen teorik konular ile ilgili problemleri çözebilme	2	%10
Ödev: • İçerik: Derste işlenen temel kavramların eleştirel biçimde yorumlanmasını ve ilgili kavramların disiplin-içi ve disiplinlerarası alanlarda örneklerinin bulunmasını içeren ödevlerin verilmesi • Format: Yazılı raporlar	2	%10



Detaylı Değerlendirme Kriterleri: - Teknik doğruluk ve kapsam: Standart Model'in temel bileşenlerinin, etkileşimlerin ve parçacıkların doğru tanımlanması; konu kapsamının ders içeriğine uygunluğu. - Analiz ve yorum becerisi: Kuramsal çerçevede parçacıkların sınıflandırılması, etkileşimlerin açıklanması, Standart Model ötesi yaklaşımların (ör. süpersimetri, karanlık madde, uzun ömürlü parçacıklar) değerlendirilmesi ve güncel deneysel sonuçlarla ilişkilendirilmesi. - Sunum ve raporlama: Ödev ve sunumların açık ve düzenli biçimde hazırlanması, yazım kurallarına uygunluk, diyagram ve şemaların doğru kullanımı, kaynakların akademik biçimde gösterilmesi.		
Sunum/Jüri: İçerik: Öğrencilerin kendi öğrenme süreçlerini değerlendirmelerinin ve sunumları yapmalarının istenmesi Format: Bireysel sunumlar Detaylı Değerlendirme Kriterleri: - Öğrenilen konuların doğru bir şekilde açıklanabilmesi - Sunum tekniklerinin doğru kullanılması	1	%15
Proje:		
Seminer/Workshop		
Ara Sınavlar: İçerik: Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünü kapsayan temel parçacıkların sınıflandırılması, Standart Model'in yapısı, fermiyonlar ve bozonlar, temel kuvvetler, kuark-lepton etkileşimleri ve QCD'nin temel kavramları ile ilgili kavramsal ve problem çözmeye dayalı sorular. Format: Yazılı sınav ve bilgisayar uygulaması (60 dakika) Detaylı Değerlendirme Kriterleri: - Temel kavramların ve tanımların hatırlanması ve doğru kullanılması. - Parçacıkların sınıflandırılması ve etkileşimlerin doğru açıklanması. - Kavramlar arası ilişki kurma ve Standart Model çerçevesinde çıkarımlar yapabilme. - Problem çözme becerisi, hesaplamaların doğruluğu ve sonuçların fiziksel anlamla ilişkilendirilmesi.	1	%20
Final: İçerik: Dersin tümünü kapsayan kapsamlı sorular; Standart Model'in yapısı, fermiyonlar ve bozonlar, temel kuvvetler, QCD ve deneysel testleri, nötrino fiziği, Higgs mekanizması, antimadde, Standart Model ötesi yaklaşımlar ve gelecek hızlandırıcı projeleri ile ilgili kavramsal ve problem çözmeye dayalı sorular. Format: Yazılı sınav ve bilgisayar uygulaması (90 dakika) Detaylı Değerlendirme Kriterleri: - Dersin tüm konularının derinlemesine kavranmış olduğunun gösterilmesi. - Standart Model içindeki parçacıkların etkileşimlerin ve		%40



mekanizmaların doğru açıklanması.

- Standart Model ötesi yaklaşımların değerlendirilmesi ve güncel deneysel sonuçlarla ilişkilendirilmesi.

- İleri düzey problem çözme becerilerinin sergilenmesi, hesaplamaların doğruluğu ve sonuçların fiziksel olarak doğru yorumlanması.

Dönem İçi Çalışmaların Başarı Notuna Katkısı

%60

Final Sınavının Başarı Notuna Katkısı

%40

TOPLAM

%100

HAFTALIK KONULAR VE İLGİLİ ÖN HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

HAFTALAR	KONULAR	Ön Hazırlık
1	Konu Anlatımı: Standart Model'e Giriş – Tarihsel gelişim ve evren modeli. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Temel parçacıkların sınıflandırılması. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Neden Standart Model gibi bir teoriye ihtiyaç duyulmuştur?	1. Parçacık sınıflandırma tablosunu incelemek. Kaynak: Griffiths, <i>Introduction to Elementary Particles</i>, Bölüm 1. Ek Kaynak: PDG çevrimiçi tabloları.
2	Konu Anlatımı: Fermiyonlar ve özellikleri. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Lepton ve kuark ailelerini tanıma. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Nötrinoları özel kılan nedir?	1. Fermiyon türleri ve kuantum sayılarının incelenmesi. Kaynak: Thomson, <i>Modern Particle Physics</i>, Bölüm 2. Ek Kaynak: CERN outreach.
3	Konu Anlatımı: Taşıyıcı bozonlar ve etkileşimler. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Basit Feynman diyagramları çizimi. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Kuvvetler birleşebilir mi?	1. Taşıyıcı bozonların görevlerini incelemek. Kaynak: Thomson, <i>Modern Particle Physics</i>, Bölüm 4. Ek Kaynak: Symmetry Magazine (CERN/Fermilab).
4	Konu Anlatımı: Kuantum Renk Dinamiği (QCD) temelleri. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Kuark renk kombinasyonları. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Proton neden kararlıdır?	1. Kuark renk yükü ve hapsolmayı incelemek. Kaynak: Halzen & Martin, <i>Quarks and Leptons</i>, Bölüm 3. Ek Kaynak: PDG (QCD bölümü).
5	Konu Anlatımı: Lepton-kuark etkileşimleri. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Nötrino-nükleon saçılması örneği. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Saçılma deneyleri bize ne öğretir?	1. Zayıf etkileşim süreçlerini incelemek. Kaynak: Griffiths, <i>Introduction to Elementary Particles</i>, Bölüm 3.
6	Konu Anlatımı: Mezonlar ve baryonlar – hadron yapısı. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): Kuarklardan hadron oluşturma. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): QCD hadron özelliklerini nasıl açıklar?	1. Hadron sınıflandırmasını gözden geçirmek. Kaynak: Halzen & Martin, <i>Quarks and Leptons</i>, Bölüm 5.
7	Konu Anlatımı: Standart Model'de simetriler ve gruplar. Sınıf-İçi Uygulama (5 dk): SU(2) ve SU(3) simetrilerini belirleme. Sınıf-İçi Tartışma (5 dk): Fizikte simetriler neden merkezi önemdedir?	1. Temel grup teorisi ve Ayar simetrilerini incelemek. Kaynak: Thomson, <i>Modern Particle Physics</i>, Bölüm 6.
8	Ara Sınav 1	Sınav haftasına kadar işlenen konuların tümünün tekrar edilmesi.



9	Konu Anlatımı: Nötrino fiziği ve osilasyonlar. Sınıf-içi Uygulama (5 dk): Nötrino osilasyon diyagramı. Sınıf-içi Tartışma (5 dk): Nötrinolar kütsüz mi yoksa çok hafif mi?	1. Nötrino deneylerini incelemek (Super-K, DUNE, NOvA). Kaynak: PDG Nötrino bölümü.
10	Konu Anlatımı: Higgs bozonu ve Higgs mekanizması. Sınıf-içi Uygulama (5 dk): Kütle kazanım şeması. Sınıf-içi Tartışma (5 dk): Higgs keşfi neden tarihseldir? Kısa Sınav 2 (15 dk.): Ters yüz edilmiş öğrenme (flipped learning) yöntemi çerçevesinde, ders başında, öğrenciye verilen ön hazırlık görevinde yer alan konuları içeren bir kısa sınavın yapılması.	1. Higgs mekanizması ve simetri kırılmasını incelemek. Kaynak: Thomson, <i>Modern Particle Physics</i> , Bölüm 6.
11	Konu Anlatımı: Standart Model Ötesi I – Süpersimetri (SUSY). Sınıf-içi Uygulama (5 dk): SUSY parçacıkları tablosu. Sınıf-içi Tartışma (5 dk): SUSY karanlık maddeyi açıklayabilir mi?	1. SUSY'nin temel kavramlarını incelemek. Kaynak: Peskin & Schroeder, <i>An Introduction to QFT</i> , Bölüm 1.
12	Konu Anlatımı: Standart Model Ötesi II – Karanlık madde ve uzun ömürlü parçacıklar. Sınıf-içi Uygulama (5 dk): Erken evrende karanlık madde senaryoları. Sınıf-içi Tartışma (5 dk): Karanlık madde neden görünmezdir?	1. Karanlık madde adaylarını ve deneysel arayışları incelemek. Ek Kaynak: CERN Dark Matter Outreach.
13	Konu Anlatımı: Standart Model'in deneysel testleri. Sınıf-içi Uygulama (5 dk): LHC deneylerinden bir örnek. Sınıf-içi Tartışma (5 dk): Mevcut testler ne kadar hassas?	1. CMS/ATLAS hassas ölçümlerini incelemek. Kaynak: CMS ve ATLAS makaleleri.
14	Konu Anlatımı: Gelecek hızlandırıcılar ve yeni fizik arayışları. Sınıf-içi Uygulama (5 dk): FCC ve ILC karşılaştırması. Sınıf-içi Tartışma (5 dk): LHC'den sonra ne olacak?	1. FCC/ILC raporlarını incelemek. Kaynak: CERN Future Collider Studies.
15	Öğrenci sunumlarının dinlenmesi.	1. Sunum konularını hazırlamak, sunum provası yapmak. 2. Seçilen konular üzerine (ör. doğrusal hızlandırıcılar, dairesel hızlandırıcılar, huzme dinamiği, sinkrotron ışınımı, Türkiye'deki hızlandırıcı tesisleri, tıpta ve endüstride uygulamalar) sunum slaytlarını hazırlamak ve tamamlamak. 3. Sunumların gerekli süre ve yapıya uygunluğunu sağlamak için prova yapmak. 4. Seçilen konuyla ilgili ders kitabı ve önerilen kaynakları gözden geçirmek.
16	Final	İşlenen konuların tümünün tekrar edilmesi.

AKTS İŞYÜKÜ TABLOSU

Etkinlikler	Sayı	Süresi (Saat)	Toplam İş yükü
Ders Saati	14	3	42
Laboratuvar			



Uygulama (sözlü Sınav)			
Arazi Çalışması			
Sınıf Dışı Ders Çalışması	14	3	42
Derse Özgü Staj			
Ödev	2	2	4
Küçük Sınavlar/Stüdyo Kritiği	2	2	4
Projeler			
Sunum / Seminer	1	24	24
Ara Sınavlar (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	15	15
Final (Sınav Süresi + Sınav Hazırlık Süresi)	1	20	20
Toplam İş yükü:			151
Toplam İş yükü / 30(s):			5.03
AKTS Kredisi:			5



COURSE INFORMATION FORM

FACULTY / GRADUATE SCHOOL	Faculty of Arts and Sciences
DEPARTMENT / PROGRAMME	Department of Physics
TITLE OF COURSE	Physics of the Standard Model and Beyond
CODE	FIZ1118
LOCAL CREDIT	3
ECTS	5
LECTURE HOUR / WEEK	3
PRACTICAL HOUR / WEEK	0
LABORATORY HOUR / WEEK	0
PREREQUISITE	None
SEMESTER	Fall, Spring
COURSE LANGUAGE	English, Turkish
LEVEL OF COURSE	First Cycle
COURSE TYPE	Elective @ Bachelor Programme in Physics
COURSE CATEGORY	Major Area Courses
MODE OF DELIVERY	Face-to-Face
OWNER ACADEMIC UNIT	Department of Physics
COURSE COORDINATOR	Bora İŞILDAK
ASSISTANT(S)	
COURSE OBJECTIVES	This course aims to provide students with an understanding of the fundamental concepts and notations that form the basis of particle and high-energy physics. The course also aims to introduce the Standard Model, which is one of the core theoretical frameworks of modern physics, and to explore approaches beyond the Standard Model in order to give students a comprehensive perspective on the structure of matter and the fundamental interactions of nature.
COURSE CONTENT	Detailed introduction to quarks and leptons; investigation of quark-lepton interactions; understanding the theoretical framework of these processes; discussion of the fundamental principles of strong interactions within the framework of Quantum Chromodynamics (QCD); experimental testing of theoretical structures; observations in particle accelerators; connections with recent experimental findings.
RECOMMENDED OR REQUIRED READINGS	Coursebooks: [1] Thomson, M. <i>Modern Particle Physics</i> . Cambridge University Press, 2013. https://doi.org/10.1017/CBO9781139525367 [2] Griffiths, D. J. <i>Introduction to Elementary Particles</i> . John Wiley & Sons, Inc., 1987. ISBN-10: 0-471-60386-4 [3] Halzen, F. & Martin, A.D. <i>Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics</i> . Wiley, 1984. [4] Peskin, M.E. & Schroeder, D.V. <i>An Introduction to Quantum Field Theory</i> . Addison-Wesley, 1995. Required Readings: [1] Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. <i>The Feynman Lectures on Physics</i> .



	Three volumes. Addison-Wesley, 1964–1966. Revised & extended edition (Definitive / New Millennium Edition) published in 2005. [2] Martin, B. R., & Shaw, G. <i>Particle Physics</i> (Manchester Physics Series). John Wiley & Sons, 1992. [3] Cottingham, W. N., & Greenwood, D. A. <i>An Introduction to the Standard Model of Particle Physics</i>, 2nd Edition. Cambridge University Press, 2007.
Course Learning Outcomes	Upon successful completion of the course, students will be able to 1. Classify the Standard Model as one of the fundamental theories of particle physics. 2. Explain the universe model within the Standard Model. 3. Analyze the smallest building blocks of matter and their mutual interactions. 4. Describe the interactions of fermions, the fundamental forces, and the properties of carrier bosons. 5. Evaluate the experimental discoveries of fundamental particles in their historical context. 6. Summarize current findings related to antimatter and neutrino physics. 7. Compare approaches beyond the Standard Model (e.g., dark matter, supersymmetry). 8. Analyze experimental strategies for the study of long-lived particles and searches for new physics. 9. Describe the current developments in experimental and theoretical particle physics.

EVALUATION SYSTEM

Activities	Number	Percentage of Grade
Attendance/Participation: • Content: Student attendance and participation in the course. • Detailed Assessment Criteria: -Active participation in lessons and asking questions -Ability to contribute to in-class discussions and problem-solving processes	14	%5
Laboratory		
Application (Oral Examination)		
Field Work		
Special Course Internship (Work Placement)		
Quizzes/Studio Critics: • Content: Comprehensive questions covering all topics addressed up to the exam week • Format: Written or oral exam (5-10 minutes) • Detailed Assessment Criteria: -Ability to solve problems related to the theoretical topics covered in the course	2	%10
Homework Assignments: • Content: Weekly assignments requiring critical analysis of fundamental concepts covered in class and identification of examples of these concepts within both intra-disciplinary and interdisciplinary contexts • Format: Written reports	2	%10



Detailed Assessment Criteria: - Technical accuracy and scope: Correct definition of interactions and particles; appropriateness of the topic coverage to the course content. - Analytical and interpretative skills: Classification of particles within the theoretical framework, explanation of interactions, evaluation of approaches beyond the Standard Model (e.g., supersymmetry, dark matter, long-lived particles), and connection with current experimental results. - Presentation and reporting: Preparation of assignments and presentations in a clear and well-structured manner, compliance with academic writing rules, proper use of diagrams and figures, and correct citation of references.		
Presentations/Jury: Content: Students will be asked to evaluate their own learning processes and deliver group presentations Format: Individual presentations Detailed Assessment Criteria: -Ability to accurately explain the topics learned -Proper use of presentation techniques	1	%15
Project:		
Seminar/Workshop		
Midterms: Content: Conceptual and problem-solving questions covering all topics studied up to the exam week, including classification of elementary particles, the structure of the Standard Model, fermions and bosons, fundamental forces, quark–lepton interactions, and basic concepts of QCD. Format: Written exam. (60 minutes). Detailed Assessment Criteria: - Recall and correct use of fundamental concepts and definitions. - Correct classification of particles and accurate explanation of interactions. - Ability to relate concepts and draw inferences within the framework of the Standard Model. - Problem-solving skills, accuracy of calculations, and relating results to their physical meaning.	1	%20
Final: Content: Comprehensive questions covering the entire course, including the structure of the Standard Model, fermions and bosons, fundamental forces, QCD and its experimental tests, neutrino physics, the Higgs mechanism, antimatter, approaches beyond the Standard Model, and future collider projects.	1	%40



- **Format:** Written exam.(90 minutes).
- **Detailed Assessment Criteria:**
 - Demonstration of a deep understanding of all course topics.
 - Accurate explanation of particles, interactions, and mechanisms within the Standard Model.
 - Evaluation of approaches beyond the Standard Model and their connection with current experimental results.
 - Demonstration of advanced problem-solving skills, accuracy of calculations, and physically sound interpretation of results.

Percentage of In-Term Studies

%60

Percentage of Final Examination

%40

TOTAL

%100

WEEKLY SUBJECTS AND RELATED PREPARATION STUDIES

WEEKS	COURSE OUTLINE	Related Preparation
1	Lecture: Introduction to the Standard Model – Historical development and the universe model. In-class Practice (5 min): Classification of fundamental particles. In-class Discussion (5 min): Why do we need a theory like the Standard Model?	1. Review the particle classification table. Source: Griffiths, <i>Introduction to Elementary Particles</i>, Ch. 1–2. Extra Source: PDG online tables.
2	Lecture: Fermions and their properties. In-class Practice (5 min): Identifying lepton and quark families. In-class Discussion (5 min): What makes neutrinos unique?	1. Study fermion types and quantum numbers. Source: Thomson, <i>Modern Particle Physics</i>, Ch. 2. Extra Source: CERN Public Outreach.
3	Lecture: Gauge bosons and interactions. In-class Practice (5 min): Drawing simple Feynman diagrams. In-class Discussion (5 min): Can forces unify?	1. Study gauge bosons and their roles. Source: Thomson, <i>Modern Particle Physics</i>, Ch. 4. Extra Source: Symmetry Magazine (CERN/Fermilab).
4	Lecture: Basics of Quantum Chromodynamics (QCD). In-class Practice (5 min): Quark color combinations. In-class Discussion (5 min): Why is the proton stable?	1. Study quark color charge and confinement. Source: Halzen & Martin, <i>Quarks and Leptons</i>, Ch. 3. Extra Source: PDG (QCD section).
5	Lecture: Lepton–quark interactions. In-class Practice (5 min): Neutrino–nucleon scattering example. In-class Discussion (5 min): What do scattering experiments teach us?	1. Review weak interaction processes. Source: Griffiths, <i>Introduction to Elementary Particles</i>, Ch. 3.
6	Lecture: Mesons and baryons – hadron structure. In-class Practice (5 min): Building hadrons from quarks.	1. Review hadron classification. Source: Halzen & Martin, <i>Quarks and Leptons</i>, Ch. 5.



	In-class Discussion (5 min): How does QCD explain hadron properties?	
7	Lecture: Symmetries and groups in the Standard Model. In-class Practice (5 min): Identifying SU(2) and SU(3) symmetries. In-class Discussion (5 min): Why are symmetries central in physics?	1. Study gauge symmetry and group theory basics. Source: Thomson, <i>Modern Particle Physics</i> , Ch. 6.
8	Midterm Exam 1	Review all topics covered until midterm.
9	Lecture: Neutrino physics and oscillations. In-class Practice (5 min): Neutrino oscillation diagram. In-class Discussion (5 min): Are neutrinos massless or massive?	1. Review neutrino experiments (Super-K, DUNE, NOvA). Source: PDG Neutrino Section.
10	Lecture: The Higgs boson and the Higgs mechanism. In-class Practice (5 min): Mass generation scheme. In-class Discussion (5 min): Why was the Higgs discovery historic?	1. Study Higgs mechanism and symmetry breaking. Source: Thomson, <i>Modern Particle Physics</i> , Ch. 6.
11	Lecture: Beyond the Standard Model I – Supersymmetry (SUSY). In-class Practice (5 min): SUSY particle chart. In-class Discussion (5 min): Could SUSY explain dark matter?	1. Review SUSY Fundamentals. Source: Peskin & Schroeder, <i>An Introduction to QFT</i> , Ch. 1.
12	Lecture: Beyond the Standard Model II – Dark matter and long-lived particles. In-class Practice (5 min): Early Universe dark matter scenarios. In-class Discussion (5 min): Why is dark matter invisible?	1. Study dark matter candidates and searches. Source: CERN Dark Matter Outreach.
13	Lecture: Experimental tests of the Standard Model. In-class Practice (5 min): LHC experiment case study. In-class Discussion (5 min): How precise are current tests?	1. Review CMS/ATLAS precision measurements. Source: CMS and ATLAS collaboration papers.
14	Lecture: Future colliders and new physics prospects. In-class Practice (5 min): Comparing FCC and ILC designs. In-class Discussion (5 min): What comes after the LHC?	1. Explore FCC/ILC reports. Source: CERN Future Collider Studies.
15	Student Presentations.	1. Preparation and rehearsal of project presentations. 2. Preparation of slides on chosen topics (e.g. linear accelerators, circular accelerators, beam dynamics, synchrotron radiation, accelerator facilities in Turkey, medical and industrial applications). 3. Rehearsal to ensure appropriate timing and structure.



		4. Review of the coursebook and recommended references related to the selected topic.
16	Final	Review all course topics.

ECTS WORKLOAD TABLE

Activities	Number	Duration (Hour)	Total Workload
Course Hours	14	3	42
Laboratory			
Application			
Field Work			
Study Hours Out of Class	14	3	42
Special Course Internship (Work Placement)			
Homework Assignments	2	2	4
Quizzes/Studio Critics	2	2	4
Project			
Presentations / Seminar	1	24	24
Mid-Terms (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	15	15
Final (Examination Duration + Examination Prep. Duration)	1	20	20
Total Workload:			151
Total Workload / 30(h):			5.03
ECTS Credit:			5



Ders Öğrenim Çıktısı & Program Çıktısı Matrisi

	<u>DÖC-1</u>	<u>DÖC-2</u>	<u>DÖC-3</u>	<u>DÖC-4</u>	<u>DÖC-5</u>	<u>DÖC-6</u>	<u>DÖC-7</u>	<u>DÖC-8</u>	<u>DÖC-9</u>
PC-1 Temel bilimler ve fizik alanında kapsamlı bir kuramsal bilgi altyapısı edinerek, bu bilgileri akademik düzeyde analiz, yorum ve problem çözümünde etkin biçimde kullanabileceklerdir. / Use their comprehensive theoretical knowledge in fundamental sciences and physics for analysis, interpretation, and problem-solving at an academic-level.	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>4</u>
PC-2 Uygulamalı bilgilerini fiziksel süreçlerin modellenmesi, deneysel tasarım ve problem çözümünde etkili ve amaca yönelik biçimde kullanabileceklerdir. / Apply their practical knowledge effectively and strategically in modelling physical processes, experimental design, and problem-solving.	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
PC-3 Kuramsal ve/veya deneysel bilgilerini karmaşık fizik problemlerinin çözümünde etkili biçimde kullanarak, bu problemlere yönelik uygun analiz ve modelleme yöntemlerini seçip uygulayabileceklerdir. / Use their theoretical and/or experimental knowledge effectively in solving complex physics problems by selecting and applying appropriate analysis and modelling methods for these problems.	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>4</u>	<u>3</u>
PC-4 Disiplinlerarası bir yaklaşımla, farklı alanlarda edinmiş oldukları bilgileri sentezleyebileceklerdir. / Synthesise knowledge acquired from different disciplines through an interdisciplinary approach.	<u>5</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>3</u>	<u>3</u>
PC-5 Fizik biliminin temel ve uygulamalı alanlarında edindikleri bilgi birikimlerini ve kuramsal analiz, deneysel uygulama ve sayısal modelleme ve hesaplamalı fizik araçlarını kullanma ve geliştirme becerilerini, kuramsal fizik, nükleer fizik, yoğun madde fiziği, yüksek enerji fiziği, nanoteknoloji, yenilenebilir/alternatif enerji teknolojileri, ileri malzeme tasarımı, nükleer teknoloji ve kuantum	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>



teknolojileri gibi disiplin-içi ve disiplinlerarası uzmanlık alanlarında geliştirebileceklerdir. / Advance their acquired knowledge in the fundamental and applied fields of physics and their skills in theoretical analysis, experimental application, numerical modelling and using and developing computational physics tools in both disciplinary and interdisciplinary areas of specialisation such as theoretical physics, nuclear physics, condensed matter physics, high energy physics, nanotechnology, renewable/alternative energy technologies, advanced materials design, nuclear technology, and quantum technologies.									
PC-6 Fizik alanında yaygın olarak kullanılan bilgisayar ve yapay zekâ teknolojileri ile en az bir programlama dilini, problemleri çözmek, veri analizi yapmak ve simülasyonlar gerçekleştirmek için etkin biçimde kullanabileceklerdir. / Use at least one programming language and computer and artificial intelligence technologies widely employed in physics for problem-solving, data analysis, and simulations.	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
PC-7 Fizik ve ilgili alanlardaki kariyer fırsatlarını değerlendirerek kişisel ve mesleki gelişim hedeflerini belirleyebilecekler ve bu hedeflere ulaşmak için hayat boyu öğrenme stratejilerini kullanabileceklerdir. / Follow scientific and technological developments in mathematics and related fields, assess career opportunities, identify personal and professional development goals, and adopt lifelong learning strategies to achieve these goals.	<u>5</u>	<u>-4</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>	<u>2</u>
PC-8 Bilimsel araştırmalarını ve mesleki faaliyetlerini yürütürken doğabilecek hukuksal sonuçları ve toplumsal etkileri dikkate alarak mesleki etik ilkeler, kalite standartları ile evrensel değerler doğrultusunda ve sosyal sorumluluk bilinci ve	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>	<u>3</u>



adalet duygusuyla hareket edebileceklerdir. / Act with a sense of social responsibility and justice and in accordance with professional ethical principles, quality standards, and universal values by taking into account potential legal and societal consequences of their scientific research and professional activities.									
PC-9 Bireysel olarak ya da takımlarda etkin biçimde çalışabileceklerdir. / Work effectively both independently and as part of a team.	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
PC-10 Fizik alanında güvenilir bilgi kaynaklarına ulaşarak literatür taraması yapabilecek ve akademik araştırma tasarlayıp yürütebileceklerdir. / Access reliable sources of information, conduct literature reviews, and design and carry out academic research in the field of physics.	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>	<u>5</u>
PC-11 İleri düzey fizik konularını, teorileri, araştırmaları ve problem çözümlerini, fizik terminolojisi kullanarak Türkçe ve İngilizcede tüm paydaşlara sözlü ve yazılı olarak aktarabileceklerdir. / Effectively communicate topics, theories, research, and problem solutions in physics to all relevant stakeholders using appropriate physics terminology, both orally and in writing, in Turkish and in English.	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>	<u>4</u>
PC-12 Laboratuvar çalışmalarında, bilimsel veri toplayarak teknik ve/veya bilimsel raporlar hazırlayabilecek ve mevcut raporları yorumlayabileceklerdir. / Collect scientific data during laboratory work, prepare technical and/or scientific reports and interpret existing reports.	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>